

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10135118
 PUBLICATION DATE : 22-05-98

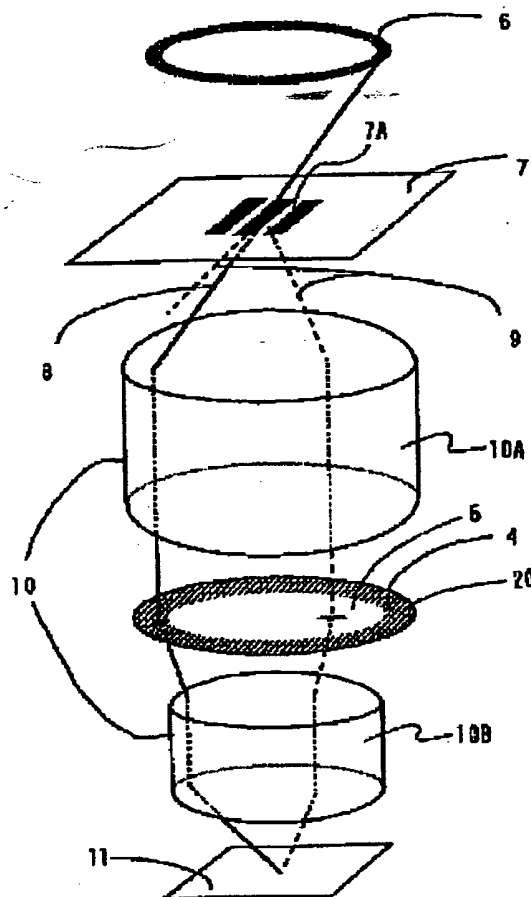
APPLICATION DATE : 28-10-96
 APPLICATION NUMBER : 08302463

APPLICANT : CANON INC;

INVENTOR : SEKINE YOSHIYUKI;

INT.CL. : H01L 21/027 G02B 5/18 G03F 7/20

TITLE : PROJECTION ALIGNER



ABSTRACT : **PROBLEM TO BE SOLVED:** To avoid varying the image-forming characteristics of a projection optical system, even for a long operation by controlling the relative amplitude transmittivities of one region and other regions of a binary optics element; the zero-order light of an optical source forming an image on the one region.

SOLUTION: A cycle optical source 6 emits light obliquely, illuminating a pattern 7A to form a reduced image of the pattern 7A on a wafer 11, using a projection optical system 10 having a pupil (aperture) of a radius r (mm), through which this optical source 6 provides an image on a region 4 of a binary optics element 20 having a relative amplitude transmittivity of 0.652. Hence the zero-order diffraction light 8 from an object passes through the region 4, having relative amplitude transmittivity of 0.652 of the binary optics element 20 located on the pupil plane.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-135118

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月22日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

G 0 2 B 5/18

G 0 2 B 5/18

G 0 3 F 7/20

5 2 1

G 0 3 F 7/20

5 2 1

審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平8-302463

(22) 出願日

平成8年(1996)10月28日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 関根 義之

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

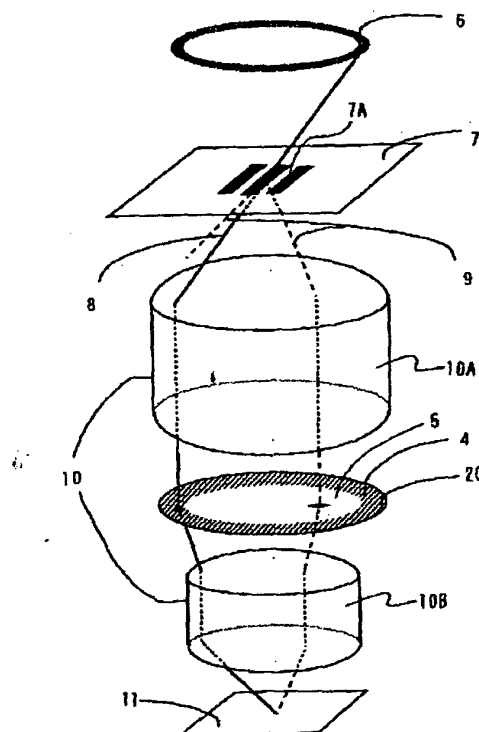
(74) 代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 長時間動作させても投影光学系の結像特性が変動せず、安定で高解像力・高コントラストの、特に、エキシマレーザを光源とする際に高性能を発揮する斜入射照明式の投影露光装置を得ること。

【解決手段】 光源からの光を照明光学系を介して所定の照明光束に変換して第1物体を照明し、該第1物体を投影光学系により第2物体上に投影して露光する投影露光装置において、該投影光学系の開口絞りの位置に所定の位相分布関数をN段($N \geq 2$)の階段構造で近似したバイナリオプティクス素子を配置し、該光源を該バイナリオプティクス素子の上に結像させ、該バイナリオプティクス素子上の該光源の0次光による像の領域の振幅透過率とその他の領域の振幅透過率を該領域の該階段の段数を変える、又は該階段の形状を該所定の位相分布関数からずらすことにより、制御している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの光を照明光学系を介して所定の照明光束に変換して第1 物体を照明し、該第1 物体を投影光学系により第2 物体上に投影して露光する投影露光装置において、

該投影光学系の開口絞りの位置に所定の位相分布関数をN 段($N \geq 2$)の階段構造で近似したバイナリオプティクス素子を配置し、該光源を該バイナリオプティクス素子の上に結像させ、該バイナリオプティクス素子上の該光源の0 次光による像の領域の振幅透過率とその他の領域の振幅透過率を該領域の該階段の段数を変える、又は該階段の形状を該所定の位相分布関数からずらすことにより、制御していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 前記バイナリオプティクス素子上の前記光源の0 次光による像の領域は前記投影光学系の光軸から離れたところに位置していることを特徴とする請求項1 の投影露光装置。

【請求項3】 前記バイナリオプティクス素子上の前記光源の0 次光による像の領域の振幅透過率を前記その他の領域の振幅透過率よりも低くしていることを特徴とする請求項1 又は2 の投影露光装置。

【請求項4】 前記光源は前記照明光学系の光軸より離れて位置していることを特徴とする請求項1～3 のいずれか1 項に記載の投影露光装置。

【請求項5】 請求項1～4 のいずれか1 項に記載の投影露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項6】 所定の位相分布関数をN 段($N \geq 2$)の階段構造で近似して形成するバイナリオプティクス素子において、

該バイナリオプティクス素子内の領域によって該階段の形状を該所定の位相分布関数からずらして、該領域を通る光線の振幅透過率を変えることを特徴とするバイナリオプティクス素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は投影露光装置に関し、特に高集積度のLSI 等を製作する際に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】近來、LSI などの作製に際してより微細なパタンを形成するために、投影露光装置には高い解像力が求められている。これを達成するために様々な方法が提案されているが、その中の一つに斜入射照明法がある。これは物体を照明する際に円環状の光源（以下、輪帯光源と呼ぶ）や四隅に独立した光源（以下、四重極光源と呼ぶ）を用い、物体を光軸に対して角度を持った光線群により照明する方法である。

【0003】通常用いられる照明光学系の光軸を含む円光源の場合、物体の0 次回折光は投影光学系の瞳中心付

近に入射し、 ± 1 次回折光は瞳の周辺部に入射して結像するが、斜入射照明法の場合、光源は通常照明光学系の光軸から離れて位置しており、0 次回折光が瞳の周辺部を通過するので、通常の光源での解像限界より細い（空間周波数が高い）線幅に対しても ± 1 次回折光のうちのどちらか一方は瞳内に入射して像面に達することになる。結果として、斜入射照明法では通常の照明法に比べて解像力が向上することになる。

【0004】しかし、以上の斜入射照明法では課題が残されていた。即ち、解像限界に近い線幅では ± 1 次回折光の一方のみ（以下、「1 次回折光」と記す）が入射することになるため、0 次回折光に対する「1 次回折光」の振幅の比は1 よりも小さくなる。例えば、光の透過率と遮蔽部が一对一の周期パターンの物体である場合には、

0 次回折光の振幅：1 次回折光の振幅 $=1/2/\pi=1:0.636$ となる。このため、像のコントラストが低下してしまうという問題が発生する。これを回避する技術が特開平 5-41345号公報に開示されている。図13は該公報記載の投影露光装置の光学系の概略図である。図中、121 はマスク、124 は第1のレンズ系、125 は第2 のレンズ系、126 は開口絞り、127 はウエハ、128 は入射瞳である。第1 のレンズ系124、開口絞り126、第2 のレンズ系125等は投影レンズ（投影光学系）の一要素を構成している。又、図14(A) は該光学系のマスク121 を照明する光源111 の図であるが、該光源は開口絞り126 に像を結ぶので、図では瞳座標で表している。この場合、瞳座標で表現して $R=0.8 \sim 1.0$ の円環部分が光源であり、投影光学系ひいては照明光学系の光軸から離れて位置している。又、図14(B) は開口絞り126 に設置する円環状フィルタ113 の図であり、やはり瞳座標で表している。円環状フィルタ113 の振幅透過率は開口中央部分114の振幅透過率を1 とし、 $R=0.8 \sim 1.0$ の開口部分115 の振幅透過率を0.2～0.6、外周部分116 の振幅透過率を0 と設定している。

【0005】この従来例的作用を説明する。光源111 は不図示の照明光学系を介してマスク121 上の回路パターンを斜入射照明によって照明し、投影レンズは該回路パターンの像をウエハ127 上に結像して露光する。この時、光源111 は開口絞り126 の位置に像を結ぶ。光源の0 次光による像は図14(A) に示す円環の像となるが、開口絞り126 の位置に円環状フィルタ113 を設置しているので、0 次光は開口部分115 を通過し、振幅透過率は0.2～0.6 と落ちてしまう。一方、開口中央部分114を通る高次回折光はそのまま透過する。

【0006】以上の作用によって

0 次回折光の振幅：1 次回折光の振幅の比が1 近くなり、斜入射照明法の課題を解決して高解像力・高コントラストの投影露光装置を達成している。

【0007】投影露光装置に高い解像力を与える別の方法として、露光光の短波長化がある。64MDRAM 世代の主流は水銀ランプのi 線(波長 $\lambda=365\text{nm}$)であるが、256MDRAM世代以降では KrFエキシマレーザ($\lambda=248\text{nm}$)を用いる方法に移行し始めており、1GDRAM世代では ArFエキシマレーザ($\lambda=193\text{nm}$)の使用なども検討されている。

【0008】しかし、これらのレーザでは波長の狭帯域化が難しいためにレンズの良好な色消しが必要となるが、このような紫外域において光を透過する硝材は限られており、凹レンズと凸レンズを用いるレンズの色消しは困難である。

【0009】同時に、この波長域では透過率が低いのでレンズの全硝材厚さを小さく抑える必要があり、これもレンズ設計の足枷ともなっている。

【0010】回折光学素子を利用して上記の二つの問題を解決する技術が特開平 6-324262号公報で開示されている。該公報においては回折光学素子が屈折光学素子(通常のレンズ)と逆の波長分散性を持ち、レンズの色消しに効果的に作用することに加えて、その厚さを薄くできることに着目して投影レンズの色消しと全硝材厚さの低減の両方の課題に対処している。

【0011】このような目的に用いられる回折光学素子としては、位相分布関数を階段状に近似したバイナリオプティクス素子がある。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】特開平 5-41345号公報に開示されている振幅透過率を調整する円環状フィルタを用いて像コントラストを向上させる場合、円環状フィルタとして光吸収型のフィルタを用いれば、斜入射照明法の欠点は改善されるものの、光の吸収によりフィルタ自体に熱膨張が生じ、0 次回折光の振幅透過率が変化して振幅の調整がうまくいなくなるという問題や、該フィルタの変形や屈折率変化により波面収差が増大して結像特性自体が悪化するという問題を引き起こす。

【0013】本発明は、斜入射照明法の課題を解決する際に、光の吸収によらずに物体からの0 次光と高次回折光の振幅透過率を夫々調整して、長時間動作させても投影光学系の結像特性が変動せず、安定で高解像力・高コントラストの、特に、エキシマレーザを光源とする際に高性能を発揮する投影露光装置の提供を目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の投影露光装置は、

(1-1) 光源からの光を照明光学系を介して所定の照明光束に変換して第1物体を照明し、該第1物体を投影光学系により第2物体上に投影して露光する投影露光装置において、該投影光学系の開口絞りの位置に所定の位相分布関数をN 段($N \geq 2$)の階段構造で近似したバイナリオプティクス素子を配置し、該光源を該バイナリオプティクス素子の上に結像させ、該バイナリオプティクス

素子上の該光源の0 次光による像の領域の振幅透過率とその他の領域の振幅透過率を該領域の該階段の段数を変える、又は該階段の形状を該所定の位相分布関数からずらすことにより、制御していること等を特徴としている。

【0015】特に、

(1-1-1) 前記バイナリオプティクス素子上の前記光源の0 次光による像の領域は前記投影光学系の光軸から離れたところに位置している。

(1-1-2) 前記バイナリオプティクス素子上の前記光源の0 次光による像の領域の振幅透過率を前記その他の領域の振幅透過率よりも低くしている。

(1-1-3) 前記光源は前記照明光学系の光軸より離れて位置している。こと等を特徴としている。

【0016】又、本発明のデバイスの製造方法は、

(1-2) (1-1)~(1-1-3) 項のいずれか1項に記載の投影露光装置を用いてデバイスを製造すること等を特徴としている。

【0017】又、本発明のバイナリオプティクス素子は、

(1-3) 所定の位相分布関数をN 段($N \geq 2$)の階段構造で近似して形成するバイナリオプティクス素子において、該バイナリオプティクス素子内の領域によって該階段の形状を該所定の位相分布関数からずらして、該領域を通る光線の振幅透過率を変えること等を特徴としている。

【0018】

【発明の実施の形態】先ず本発明の回折光学素子について説明する。図1 は仮想的なレンズ(素子)の位相分布関数 P_1 の図である。図1 の横軸は該素子の光軸0 を原点とする半径方向の位置R であり、縦軸はその位置R に入射する波長 λ の光が該素子を透過する際に受ける位相変化量 ϕ である。つまり、図1 は光学素子の位置R に入射した波長 λ の光の位相が ϕ だけ加えられて(変化して)出射することを示すR- ϕ の関係を表したものである。

【0019】この位相分布関数 P_1 と同じ位相変化をもたらし素子はこの仮想レンズと同じ作用を果たすことができるが、さらに光の伝播において位相項は周期 2π の周期関数であるため、位相分布関数の任意の値に対して 2π の整数倍を加えた(或は減じた)関数でも同じ作用を果たすことができる。

【0020】図2 中の P_2 は図1 の位相分布関数 P_1 の光軸0 での位相変化量を 2π とし、位相分布関数が0 となる位置 r_1 で不連続に再び 2π の位相変化量を与えることとし、次ぎの位相分布関数が0 となる位置 r_2 で不連続に再び 2π の位相変化量を与える。・・・として位相分布関数が $0 \sim 2\pi$ に収まるように構成した位相分布関数の図である。この関数 P_2 はもとの位相分布関数 P_1 に 2π の整数倍を加えた(或は減じた)関数となっており、位相分布関数 P_1 の素子と同じ作用を果たすことが出来る。

【0021】この性質を利用して、図2の位相分布関数 P_2 を持つ素子を作製して図1の仮想的なレンズの代わりとすることができるが、実際にはこの位相分布関数 P_2 を正確に与える素子を作製することは難しい。

【0022】そこで、実際には図2に示す位相分布関数 P_2 を階段状に近似した位相分布関数 P_3 によって素子を作製することが多い。このように位相分布関数を階段状に近似した素子はバイナリオプティクス素子と呼ばれ、リソグラフィ法などで容易に作製できることが知られている。

【0023】このバイナリオプティクス素子では元の位相分布関数を階段状に近似していることから元の位相分布関数を持つレンズとの差として、元のレンズにより入射光が偏向される方向に全光量が偏向されず、一部の光量が異なる方向に偏向されることが生じる。

【0024】(望んでいる方向に偏向される光量：全入射光量)の比は回折効率と呼ばれる。そして、バイナリオプティクス素子の回折効率 K は位相分布関数を近似する際の階段の段数 N に関係し、

【0025】

【数1】

$$K = \left[\frac{\sin(\pi/N)}{(\pi/N)} \right]^2 \quad (1)$$

で表される。

【0026】式(1)から例えば、 $N=2$ の場合は $K=0.405$ 、 $N=3$ の場合は $K=0.684$ 、 $N=4$ の場合は $K=0.811$ 、 $N=5$ の場合は $K=0.950$ となることがわかる。ただし、これらの値は強度の効率であり、振幅としての効率 S は回折効率 K の平方根となるので、 $N=2$ の場合は $S=(0.405)^{1/2}=0.636$ 、 $N=3$ の場合は $S=(0.684)^{1/2}=0.827$ 、 $N=4$ の場合は $S=(0.811)^{1/2}=0.901$ 、 $N=5$ の場合は $S=(0.950)^{1/2}=0.975$ となる。これらの値は、バイナリオプティクス素子に入射した光束の振幅を1とした際の1次回折光の振幅を表している。

【0027】したがって、元は同じ位相分布関数であっても近似する際の段数 N が異なれば入射する光束の振幅が等しくても偏向される光束の振幅は異なることになる。さらに、素子内の領域によってこの階段の段数 N を変えれば、一つの素子上の領域ごとに偏向される光束の振幅が異なる、すなわち振幅透過率が異なる素子になりうることがわかる。なお、この時残りの振幅は別の方向に偏向された光束の振幅となり、吸収はほとんど生じない。

【0028】図3は本発明のバイナリオプティクス素子の実施形態1の断面図である。本実施形態は直径 $2r$ (mm)の透過型レンズをバイナリオプティクス素子として作製したものである。バイナリオプティクス素子20は半径が $0.8r \sim 1.0r$ (mm)の領域4と半径が $0.0r \sim 0.8r$ (mm)の領域5の2つの領域をもっており、領域4の階段の段数 N は2

段、領域5の段数 N は8段である。

【0029】この場合、領域4での振幅の透過率 S は0.636、領域5では $S=0.975$ であることから、領域4の相対的な振幅透過率は、 $0.636/0.975=0.652$ となる。したがって、このバイナリオプティクス素子20は領域4のみが振幅透過率0.652である素子と考えることができる。

【0030】上記の構成によれば、位相分布関数の近似の精度を低くした領域では回折効率も低く、逆に近似の精度を高くした領域では回折効率が高くなるため、領域で回折効率が異なり、結果として透過率の異なる領域を持つバイナリオプティクス素子を得ることができる。

【0031】図4は本発明の投影露光装置の実施形態1の要部概略図である。本実施形態は光源として輪帯光源を用い、投影光学系の瞳面に図3のバイナリオプティクス素子20を挿入した投影露光装置である。

【0032】図中、6はリング状の輪帯光源である。7はマスクであり、その上には投影光学系でウエハの上に縮小投影すべきパターン(第1の物体)7Aを形成している。10Aは第1のレンズ群、10Bは第2のレンズ群である。20は図3のバイナリオプティクス素子(回折光学素子)である。第1のレンズ群10A、バイナリオプティクス素子20及び第2のレンズ群10B等は投影光学系10の一要素を構成している。なお、バイナリオプティクス素子20は投影光学系10の開口絞り近傍に配置している。11はウエハ(第2の物体)である。

【0033】図5は輪帯光源6の平面図である。輪帯光源6は投影光学系の瞳面に入射する領域の最大半径を1として、半径が $0.8 \sim 1.0$ の輪帯領域のみ発光する。従って輪帯光源6は不図示の照明光学系の光軸より離れて位置している。

【0034】本実施形態の作用を説明する。輪帯光源6から射出する光は不図示の照明光学系によってパターン7Aを所定の角度をもって斜入射照明する照明光束となり、パターン7Aを斜入射照明する。パターン7Aから射出する光束は投影光学系10を介してウエハ11上に結像してパターン7Aの縮小像をウエハ11上に形成する。

【0035】この時、投影光学系10の瞳(開口絞りの開口)半径が r (mm)である場合には輪帯光源6はバイナリオプティクス素子20上で相対的な振幅透過率が0.652となる領域4の上に結像する。したがって、物体からの0次回折光8は瞳面にあるバイナリオプティクス素子20を通過する際に相対的な振幅透過率が0.652の領域4を通過して、以後の結像に関わることになる。

【0036】パターン7Aが光透過部と光遮蔽部の幅が等しい周期パターンであり、バイナリオプティクス素子20が無い場合には、

0次回折光8の振幅：1次回折光9の振幅 $=1/2/\pi=1:0.636$

となるが、本実施形態では0次回折光8の振幅がバイナリオプティクス素子20の領域4によって低下させられる

ことにより、その比は

$$(1 \times 0.652) : (2/\pi) = 0.652 : 0.636 = 1 : 0.976$$

となり、1に近くなる。この結果、ウエハ11上に形成される像のコントラストは向上する。

【0037】前記の特開平 5-41345号公報では光源が瞳面上で結像する領域の透過率を 0.2~0.6 とすること、で、細い線幅までコントラストよく結像するが、一般的には透過率が 0.3~0.5 の範囲にあると像のコントラスト向上に顕著な効果があると述べている。

【0038】本実施形態では、光源が結像する領域での相対的な振幅透過率が0.652 であり、上記の公報で示されている適正透過率 0.2~0.6 より若干大きくなっているが、この透過率0.652 をさらに低下させ、0.2 ~0.6 の範囲に設定するにはさらに位相分布関数の近似の精度を下げればよい。

【0039】上記のバイナリオプティクス素子20では各領域の階段の段数を制御することにより各領域の振幅透過率を制御したが、バイナリオプティクス素子の階段の形状を理想的なものからずらすことにより（近似の精度を下げることにより）振幅透過率を制御することができる。これについて説明する。

【0040】図6 は段数2 で理想の階段形状からずれた位相分布関数の説明図である。段数が2 の場合は一周期の間に位相が0 である段と π である段を持つが、ここで云う理想の階段形状とは、位相0 の段と位相 π の段の幅が夫々 $T/2$ で等しい形状のことを云う。即ち、一周期を T とし、位相0 の段の幅を $(1+a)T/2$ とした時、 $a=0$ の場合であり、図6 中では破線で示している。一方、理想の階段形状からずれた場合とは、一周期の間で位相0 の段と位相 π の段との幅が異なる形状のことを云い、 a が0 以外の場合に相当する。図6 では、実線で $a>0$ の場合の形状を示している。

【0041】式(1)の回折効率 K は、階段が理想的な形状をしている場合の式であり、段数 $N=2$ のときは、

【0042】

【数2】

$$K = \left[\frac{\sin(\pi/2)}{(\pi/2)} \right]^2 = \frac{4}{\pi^2}$$

となる。

【0043】一方、階段が理想の形状からずれている場合の回折効率 K は、

$$K = \cos^2(\pi a/2) \times (4/\pi^2)$$

で計算される。この式は、 $a=0$ とした場合、 $(4/\pi^2)$ であるから、理想の階段形状の場合を含み、ずれ a に応じて理想の階段形状の回折効率 $K=(4/\pi^2)$ に $\cos^2(\pi a/2)$ の因数がかかっていると考えられる。

【0044】ここで再び、振幅の透過率は回折効率の平方根として考えればよいので、振幅の透過率は $p(a)=|\cos(\pi a/2)|$ の因数がかかることになる。 $p(a)$ の値域は

[0,1]あるので、 a の値を0 から1 の間で適宜決めることにより10~理想の階段形状の場合の振幅透過率(0.652)の間で所望の透過率を得ることができる。

【0045】例えば、上記の例において段数 $N=2$ で作製する領域4 において、 $a=1/2$ とすると、 $p(1/2)=0.707$ となり、領域4 の相対的な透過率は $0.652 \times 0.707=0.461$ となる。これはコントラスト向上のために顕著な効果を示す透過率の範囲に入っている。

【0046】図7 は本発明の投影露光装置の実施形態2 の要部概略図である。本実施形態は光源として四重極光源を用い、適切なバイナリオプティクス素子を用いて斜入射照明法により高解像・高コントラストの投影露光装置を構成するものである。

【0047】本実施形態は投影露光装置の実施形態1 に対して光源とバイナリオプティクス素子のみが異なっており、その他の部分は同じである。

【0048】図8 は本実施形態に用いる四重極光源12の平面図である。この光源も投影光学系10の瞳（開口絞り）の近傍に結像しており、図は瞳座標で示している。この光源は不図示の照明光学系の光軸から離れた4 個所の位置に発光部分を持っている。

【0049】図9 は本実施形態に用いるバイナリオプティクス素子（回折光学素子）21の斜視図である。バイナリオプティクス素子21の半径は投影光学系10の瞳（開口絞りの開口）半径に等しく、瞳面上、すなわちバイナリオプティクス素子21上で0 次光によって四重極光源12の像が形成される領域14のみ階段の段数 $N=2$ で作製している。そしてそれ以外の領域13では段数 $N=8$ で作製している。

【0050】これらの階段形状が理想的なものであるとすると、段数 $N=2$ の領域14では式 (1)から回折効率 $K=0.405$ 、したがって振幅の透過率 S は $(0.405)^{1/2}=0.636$ となり、同様に段数 $N=8$ の領域13の振幅の透過率 S は $(0.950)^{1/2}=0.975$ となるので、物体の0 次回折光8 がバイナリオプティクス素子21を透過するときの振幅透過率は0.636、1 次回折光9 が透過するときの振幅透過率は 0.975 となる。

【0051】パターン7Aが光透過部と光遮蔽部の幅が等しい周期的なパターンである場合、バイナリオプティクス素子21へ入射する前の0 次回折光8 と1 次回折光9 の振幅の比は $1:2/\pi=1:0.636$ であるが、バイナリオプティクス素子21を通ることにより0 次回折光8 と1 次回折光9 の振幅の比は

$$(1 \times 0.636) : (2/\pi \times 0.975) = 1 : 0.976$$

に改善され、バイナリオプティクス素子21を用いない場合に比べて像のコントラストを向上させることが可能になる。

【0052】以上の投影露光装置の各実施形態では、投影光学系の開口絞りの開口部の周辺領域に光源の0 次光の像を形成し、その他の領域に光源の1 次回折光による

像を形成して投影光学系の解像力を高める際、該開口絞りの位置にバイナリオプティクス素子を設け、該バイナリオプティクス素子内の光源の0次光、1次回折光による像の領域によって階段の段数を変える、又は階段の形状を所定の位相分布関数からずらすことにより位相分布関数の近似の精度を変え、これにより夫々の領域を通る光線の振幅透過率を調整し、これによってバイナリオプティクス素子本来の目的である光偏向に加えて、投影光学系の像のコントラストを向上させている。

【0053】本発明のバイナリオプティクス素子はその他に高解像力の投影光学系を構成するのに重要な役割を兼ねさせることが出来る。これについて説明する。

【0054】投影露光装置に高い解像力を与える別の方法として、露光光の短波長化がある。64MDRAM世代の主流は水銀ランプのi線(波長 $\lambda=365\text{nm}$)であるが、レンズの解像力は波長に比例するので、256DRAM、1GDRAM製作には光源の波長を例えば KrFエキシマレーザの $\lambda=248\text{nm}$ 、ArFエキシマレーザの $\lambda=193\text{nm}$ へと短くすることが効果的である。同じ口径比、同じ投影倍率の光学系で比較すれば、KrFエキシマレーザの光学系の解像線幅はi線の光学系のその0.68となり、ArFエキシマレーザの光学系の解像線幅はi線の光学系のその0.53となるからである。

【0055】しかし、これらのレーザでは波長の狭帯域化が難しいために投影光学系を良好に色消しすることが必要となるが、このような紫外域において光を透過する硝材は限られており、凹レンズと凸レンズを用いるレンズの色消しは困難である。

【0056】同時に、この波長域では透過率が低いのでレンズの全硝材厚さを小さく抑える必要があり、これもレンズ設計の足枷ともなる。

【0057】前記のように回折光学素子を利用すれば上記の二つの問題を解決できる。即ち、回折光学素子は屈折光学素子(通常のレンズ)と逆の波長分散性を持ち、レンズの色消しに効果的に作用することに加えて、その厚さを薄くできるので投影光学系の色消しと全硝材厚の低減の両方の課題を解決できる。

【0058】本発明のバイナリオプティクス素子を微細パターンを形成する投影露光装置に適用した場合、光偏向素子と透過率調整素子の二種類の役割を担わせることができ、像コントラスト改良の作用と共に投影光学系の色消しの作用を持たせることが出来、全硝材厚の低減と色消しの効果も期待できる。

【0059】図10は投影露光装置の実施形態1を用いた半導体デバイス製造システムの要部概略図である。本システムはレチクルやフォトマスク等の原板に設けた回路パターンをウエハ上に焼き付けて半導体デバイスを製造するシステムである。システムは大まかに投影露光装置、マスクの収納装置、マスクの検査装置、コントローラとを有し、これらはクリーンルームに配置している。

【0060】同図において920は前記の投影露光装置の実施形態1である。

【0061】914は原板(マスク)の収納装置であり、内部に複数の原板を収納している。913はマスク上の異物の有無を検出する検査装置である。この検査装置913は選択されたマスク7が収納装置914から引き出されて投影露光装置の露光位置にセットされる前にマスク7上の異物検査を行っている。

【0062】918はコントローラであり、システム全体のシーケンスを制御しており、収納装置914、検査装置913の動作指令、並びに投影露光装置920の各部を制御して基本動作であるアライメント・露光・ウエハのステップ送り等のシーケンスを制御している。

【0063】900はアライメント系であり、露光動作に先立ってマスク7とウエハ11の相対位置の狂いを検出してステージ911を介して相対位置を合致させる。アライメント系900は少なくとも1つのマスク観察用顕微鏡系を有している。902はユニット化された照明系であり、円環状の光源12からの光を所定の斜入射照明光束に変えてマスク7を照明する。

【0064】以下、本システムを用いた半導体デバイスの製造工程について説明する。

【0065】図11は半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネルやCCD)の製造工程を示すフローチャートである。これについて説明する。

ステップ1(回路設計): 半導体デバイスの回路設計を行う。

ステップ2(マスク製作): 設計した回路パターンを形成したマスク7を製作する。ステップ3(ウエハ製造): シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

ステップ4(ウエハプロセス): この工程は前工程と呼ばれ、用意したマスク(レチクル)7とウエハ11とを用いてリソグラフィー技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

ステップ5(組み立て): この工程は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウエハを用いてチップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。

ステップ6(検査): ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。

ステップ7(出荷): 半導体デバイスが完成し、出荷される。

【0066】図12は上記のウエハプロセスの詳細なフロー図である。これについて説明する。

ステップ11(酸化): ウエハの表面を酸化させる。

ステップ12(CVD): ウエハの表面に絶縁膜を形成する。

ステップ13(電極形成): ウエハ上に電極を蒸着によって形成する。

ステップ14(イオン打込): ウエハにイオンを打ち込む。

ステップ15（レジスト処理）：ウエハにレジスト（感材）を塗布して感光基板とする。

ステップ16（露光）：投影露光装置920によってマスク7の回路パターンの縮小像をウエハ11上に露光する。

ステップ17（現像）：露光したウエハ11を現像する。

ステップ18（エッチング）：現像したレジスト以外の部分を削り取る。

ステップ19（レジスト剥離）：エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

【0067】図に示すように、これらのステップを繰り返すことによってウエハ上に回路パターンが形成される。

【0068】ステップ16の露光工程についてより詳しく説明する。図10の投影露光装置において、まず収納装置914から使用するマスク7を取り出し、検査装置913にセットする。

【0069】次に検査装置913でマスク7上の異物検査を行う。検査の結果、異物がないことが確認されたら、このマスクを投影露光装置920の露光位置にセットする。

【0070】次にステージ911上に被露光体であるウエハ11をセットする。そしてステップ&リピート方式によってステージ911をステップ送りし、アライメント系900によってマスク（レチクル）7とウエハ11との位置合わせ（アライメント）を行ってマスクのパターンを縮小投影して露光する。この動作を繰り返す。

【0071】1枚のウエハ11の全面に露光が済んだら、これを収容して新たなウエハを供給し、同様にステップ&リピート方式でマスク7のパターンの露光を繰り返す。

【0072】以上で露光工程が終わり、露光の済んだ露光済みウエハ11は次の現像工程に送られる。

【0073】本発明の投影露光装置を用いた本システムによれば、光学系の性能劣化がなく、高解像力を発揮するので従来は製造が難しかった非常に微細な回路パターンを有する高集積度の半導体デバイスを製造することができる。

【0074】

【発明の効果】本発明は以上の構成により、斜入射照明法の課題を解決する際に、光の吸収によらずに物体からの0次光と高次回折光の振幅透過率を夫々調整して、長時間動作させても投影光学系の結像特性が変動せず、安定で高解像力・高コントラストの、特に、エキシマレーザを光源とする際に高性能を発揮する投影露光装置を達成する。

【0075】又、本発明の投影露光装置を用いることにより、光学系の性能劣化がなく、高解像力が得られ、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを製造

出来るデバイスの製造方法を達成する。

【0076】更に、本発明によれば領域によって振幅透過率が異なり、光の吸収が極めて少ないバイナリオプティクス素子を達成する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 仮想的なレンズの位相分布関数 P_1 の図

【図2】 位相分布関数の値域を $[0, 2\pi]$ とした位相分布関数 P_2 及び階段状に近似した位相分布関数 P_3 の図

【図3】 本発明の回折光学素子の実施形態の断面図

【図4】 本発明の投影露光装置の実施形態1の要部概略図

【図5】 投影露光装置の実施形態1の輪帯光源の平面図

【図6】 段数2のバイナリオプティクス素子の説明図

【図7】 本発明の投影露光装置の実施形態2の要部概略図

【図8】 投影露光装置の実施形態2の四重極光源の平面図

【図9】 投影露光装置の実施形態2の回折光学素子の斜視図

【図10】 本発明の投影露光装置の実施形態1を用いた半導体デバイス製造システムの要部概略図

【図11】 半導体デバイスの製造工程のフローチャート

【図12】 ウエハプロセスの詳細なフローチャート

【図13】 従来の投影露光装置の光学系の概略図

【図14】 従来の投影露光装置の光源と円環状フィルタの説明図

【符号の説明】

P_1 ：位相分布関数

P_2 ： $[0, 2\pi]$ に畳み込んだ位相分布関数

P_3 ：階段状に近似した位相分布関数

4：領域

5：領域

6：輪帯光源

7：マスク

7A：パターン（物体）

8：物体からの0次回折光

9：物体からの1次回折光

10：投影光学系

10A：第1のレンズ群

10B：第2のレンズ群

11：ウエハ

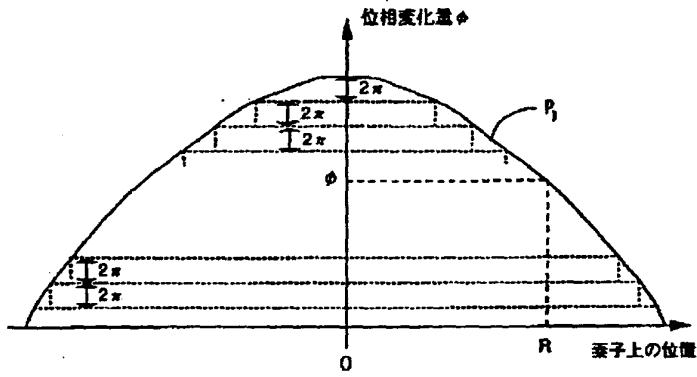
12：四重極光源

13：領域

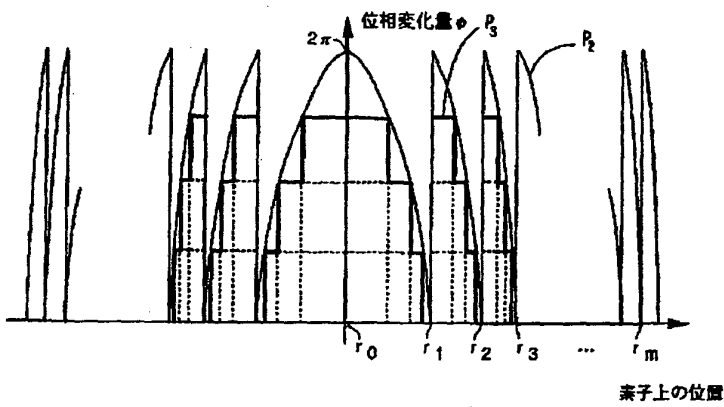
14：領域

20, 21：バイナリオプティクス素子（回折光学素子）

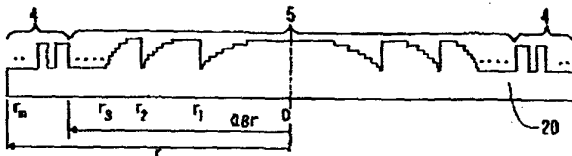
【図1】



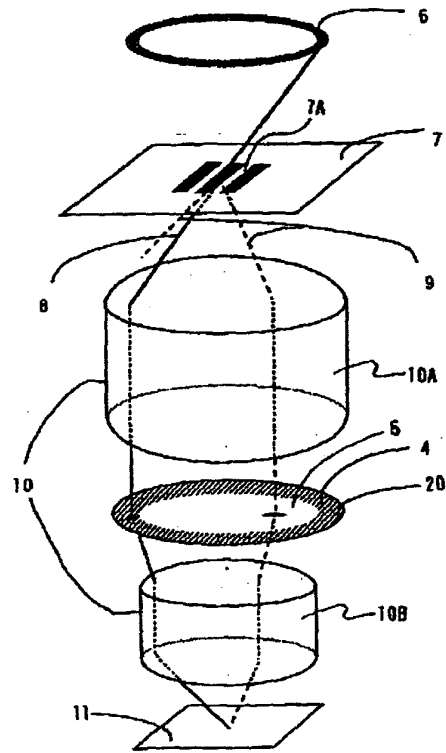
【図2】



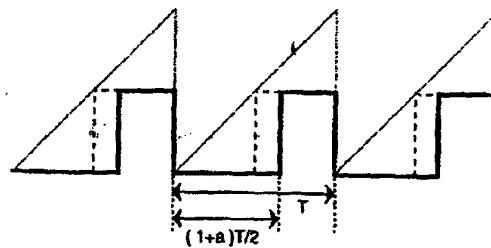
【図3】



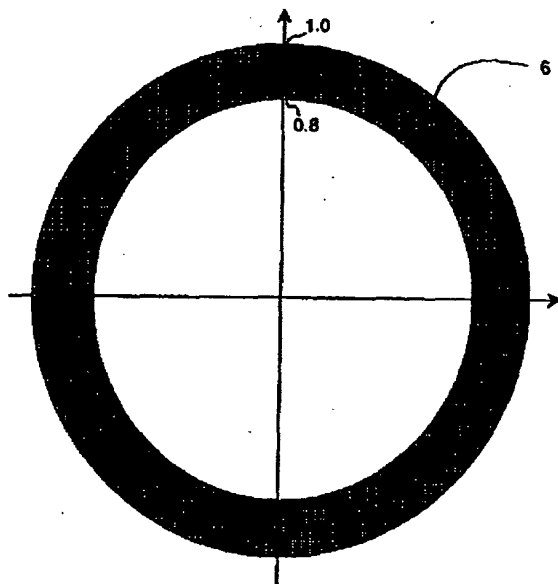
【図4】



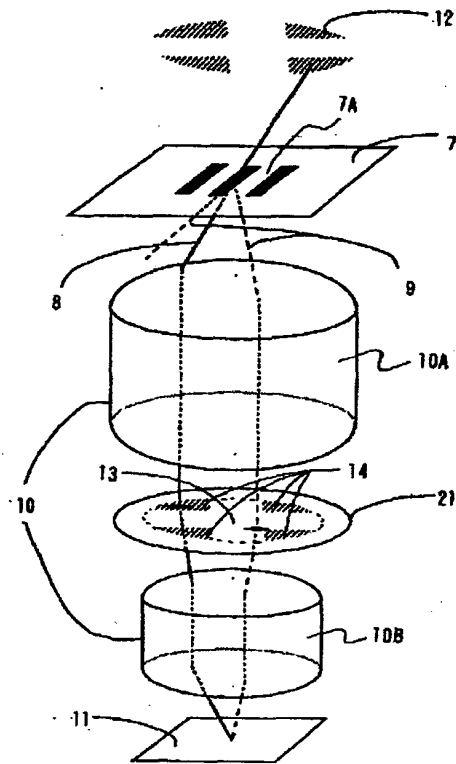
【図6】



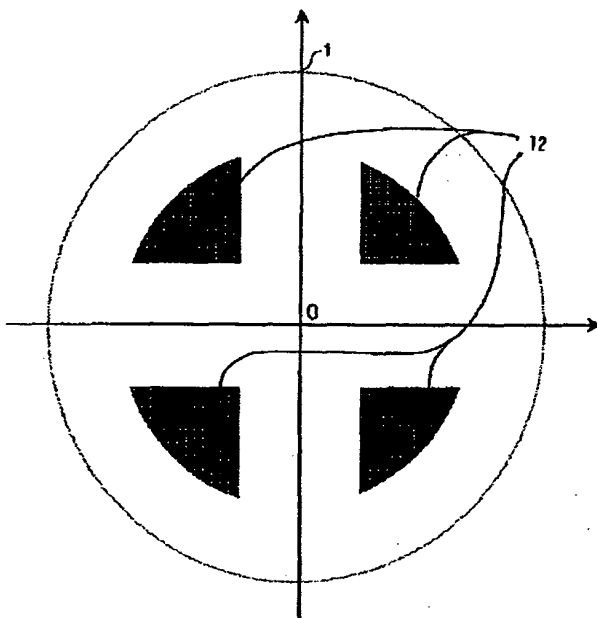
【図5】



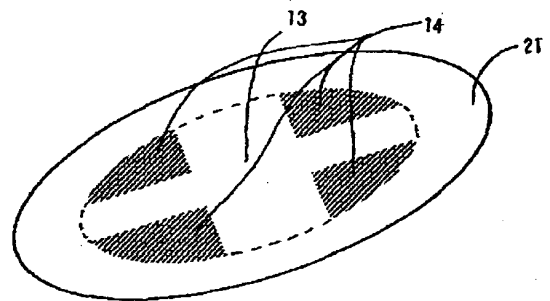
【図7】



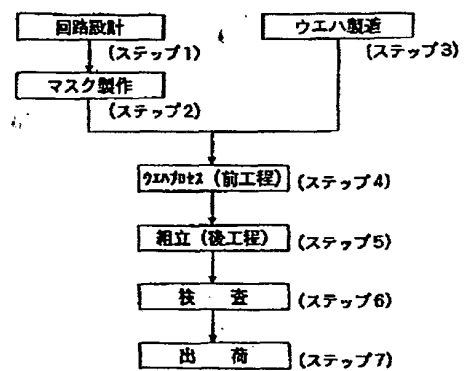
【図8】



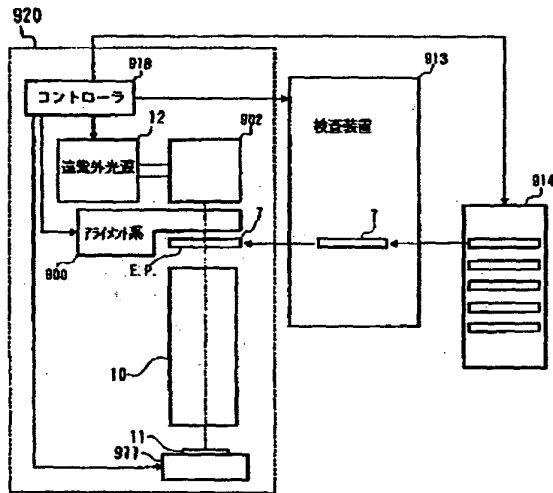
【図9】



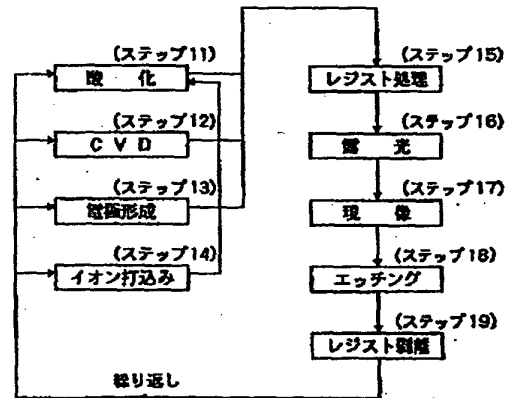
【図11】



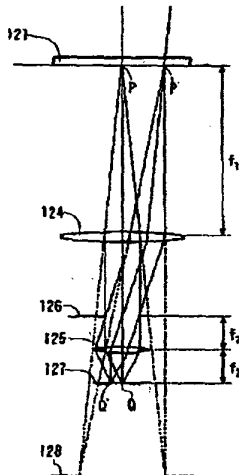
【図10】



【図12】



【図13】



【図14】

